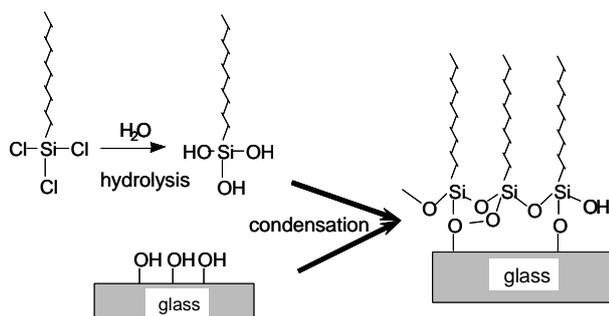


ディビジョン番号	15
ディビジョン名	コロイド・界面化学

大項目	5. 固体表面・界面
中項目	5-1. 表面構造と物性・機能
小項目	5-1-8. 表面修飾

概要（200字以内）

固体表面と種々の試薬とを反応（吸着）させ、表面が有する本来の性質を変えらるとともに、使用に適した機能を付与するための技術であり、古くから広い分野で利用されている。図はシリカ表面に存在する水酸基との反応を利用して有機基を表面に形成する方法であり、有機基がアルキル基では疎水化し、フッ化アルキル基では油もはじくようになる。対象とする固体と目的によって種々の修飾法、修飾剤が用いられている。



表面アルキル基形成による疎水化処理

現状と最前線

固体表面の化学的処理（表面修飾）は、分散性や濡れ性、接着性、吸着性など、固体表面・界面が関与する界面化学的性質を制御する目的で行われてきた。対象とする固体としては、金属やセラミックス、高分子など様々であり、その形状も粒子や板状、繊維、更には多孔性なども考慮すると極めて多岐にわたる。それらの表面修飾法については、固体表面の性状や目的に応じて多くの方法が報告されているが、現状で一般的に用いられている代表的な方法として、(1)カップリング剤修飾法、(2)高分子のグラフト共重合法、(3)カプセル化法、(4)ゾルゲル法が挙げられよう。カップリング剤修飾法では、シラン系またはチタン系カップリング剤が広く用いられており、これらの分子の末端が固体表面の水酸基と化学反応することで、他端が表面側に向けた配向単分子膜を形成することを利用している。また、金や白金などの表面に対しては、チオールやジスルフィドを一端に持つ化合物が単分子膜を形成することから、これらも一種のカップリング剤をみなすことができる。いずれのカップリング剤に対しても、現在では、かなり複雑な官能基を持つ化合物が市販されているので、目的に応じて様々な官能基を固体表面に導入することができるようになってきている。高分子のグラフト修飾法は、固体表面の官能基とモノマーとの化学反応により、高分子を固体表面で成長させる方法である。この方法では、カップリング剤によって導入された官能基を利用して高分子をグラフトしたり、電解重合反応やメカノケミカル反応、放射線、プラズマを利用して重合反応を誘起することもある。一

方、カプセル化法は、固体粒子を高分子膜で被覆する方法で、一般にグラフト重合に比べて厚い膜が形成されるのが特徴であり、また膜と固体表面の間に化学結合が形成される必要はない。以上が有機物による表面修飾法であったのに対し、ゾル-ゲル法は、アルコキシドを原料として固体表面を無機ガラスによって被覆する方法である。シリカやアルミナ、酸化チタンなどによる硬いコーティング膜を、比較的穏やかな条件で形成させることができる。

近年開発された注目すべき表面修飾技術の一つとして、固体表面とイオン性高分子間の静電相互作用を利用した交互吸着（積層）法がある。この手法は、平板状固体表面でも粒子表面でも正または負に帯電した表面であれば、それと反対電荷を持つイオン性高分子を極めて簡単な操作で吸着させることができる。さらに、2層目以降も同じ原理で異種高分子を吸着・積層することで、最表面の電荷と高分子膜の厚さを制御することが可能である。また、水素終端シリコンウェハーと不飽和炭化水素による直接的なシリコン-炭素結合を利用した表面修飾も、新規手法として注目に値する。この方法では、酸化物層を持たない表面での修飾が可能である。

その他、表面修飾が利用されている最新技術を以下に列記する。

- ・ マイクロリアクターにおける相間移動（水溶液／有機液体間の物質移動）を利用した反応や抽出操作などにおいて、流路を親水性／疎水性に改質することで、水溶液と有機液体を分離することが可能である。
- ・ 修飾膜を予めパターン化処理（紫外線照射、相分離など）し、特定の表面に存在する官能基を用いて他の物質（金属ナノ粒子など）を結合させることが行われている。
- ・ カーボンナノチューブ表面を酸化剤により処理し、カルボキシル基などを形成させ、その後それらの官能基と反応する試薬を結合させる。
- ・ 生体適合性を有する有機物質を被覆した微粒子は医療の分野などで有用である。例えば、フェライト微粒子表面を生体適合性を有する有機物質で被覆したものは、現時点で実用化も進んでいる。

#### 将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題  
(1) 表面修飾膜を化学的に処理（紫外線照射など）し、パターン化する技術が種々検討されているが、位置選択的な処理を可能とする、ナノ領域での微細化技術。(2) 生体適合性や生体物質・組織への選択的結合性を付与するための表面修飾技術の一層の高度化。(3) 熱、pH、光など外部刺激への応答性を有する表面修飾法の進展と実用化。
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題  
(4) ナノ微細化技術とともにナノオーダーでの二次元分解能を有し、より簡便な表面計測・分析技術の進展。(5) 生体適合性・選択的結合性微粒子の生体内実用化（微粒子そのものや修飾膜の生体への安全性や衛生上の問題解決も含む）。

#### キーワード

表面処理、表面改質、機能化、カップリング剤、コーティング

(執筆者：鈴木昇)